

Лекція 31.03.2020 р. Екстракорпоральна мембранна оксигенація

Екстракорпоральна мембранна оксигенація (ЕКМО) – це екстракорпоральна методика підтримки діяльності серця та легень у пацієнтів, в яких функція серця та легень порушена досить тривалий час.

Саме слово екстракорпоральний означає "поза організмом". У загальному і цілому ЕКМО – це система штучного кровообігу – апарат перекачує і насичує киснем кров пацієнта поза його тіла. Ця процедура проводиться в тих випадках, коли всі інші види лікування вже випробувані.

Екстракорпоральна мембранна оксигенація (ЕКМО) передбачає використання механічних пристроїв для тимчасового (від декількох днів до декількох місяців) заміщення функції серця і/або легенів (повністю або частково) при серцево-легеневої недостатності, яке веде до відновлення функції органу або його заміні.

Історія розвитку

Ідея розробки методів екстракорпорального кровообігу (ЕКК) відвідувала багатьох дослідників ще на початку 19 століття. Так, Le Gallois в 1813 році була запропонована сама теорія того, що функції частин тіла, відокремлених від організму, здатні відновлюватися після проведення штучної перфузії. Перший апарат для штучного кровообігу, автожектор, був створений в 1925 українським вченим фізіологом С. С. Брюхоненко (1890-1960), який дозволив проводити досліди з ізольованою перфузією голови собаки відокремленою від тулуба. За допомогою цього апарату радянський вчений Н. Н. Терєбінський в 1930 експериментально довів можливість успішної операції на клапанах серця. В СРСР першу операцію на "сухому" серці за допомогою апаратів штучного кровообігу здійснив в 1957р. А.А.Вишневський.

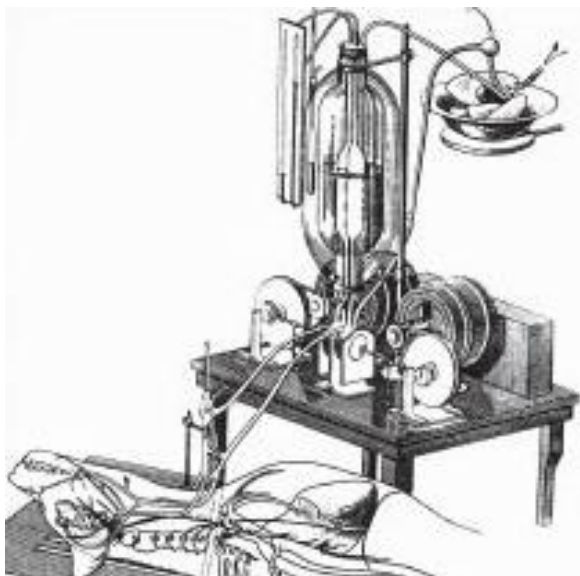


Рисунок – Прототип апарату штучного кровообігу

Одним з ключових компонентів ЕКМО є перенесення кисню в кров через напівпроникну мембрану. Цей феномен був вперше описаний Колффом (Kolff) і Берком (Berk) в 1944 році, коли вони відзначили, що кров проходячи через целофанові камери штучної нирки збагачується киснем. Спочатку пристрої, що використовуються в той час, були бульбашковими з прямим контактом крові і кисню. Гігантський обсяг заповнення оксигенатора, великий обсяг штучної поверхні, що контактувала з кров'ю і недосконалий метод насичення киснем викликав значні зміни складу крові, масивний гемоліз і не міг використовуватися для довгострокової підтримки.

Датою початку ери «відкритого серця», тобто операції з використанням штучного кровообігу є 6 травня 1953 року, коли вперше була виконана операція закриття дефекту міжпередсердної перетинки з використанням апарату «серце-легені» John Heysham Gibbon (1903-1973). Штучний кровообіг тривав 26 хвилин і закінчився повним одужанням пацієнтки.

Прорив був здійснений в 50-60 роки ХХ століття, коли в різний час були розроблені і успішно апробовані оксигенатори мембранного типу, які виключили прямий контакт крові пацієнта і газової фази. У той же період з'явився термін «екстракорпоральна мембранна оксигенація» - ЕКМО. Перший мембранний оксигенатор невеликих розмірів був сконструйований W. Kolff і з успіхом випробуваний в експерименті D. Effler в 1956р. У цьому ж році стало можливим більш тривале проведення штучного кровообігу завдяки розробці Clowes G.H. мембранного оксигенатора з використанням в якості мембрани поліетилену. У 1963 році T. Kolobow успішно застосував мікропористу силіконову мембрану в оксигенаторі, для поділу газової і кров'яної фаз. 1965 р, Rashkind з колегами використовували бульбашковий оксигенатор в якості підтримки у новонароджених які помирали від дихальної недостатності. 1969 р, Dorson з колегами використовували мембранний оксигенатор для штучного кровообігу у дітей. 1970 р, Baffes з колегами успішно використовували ЕКМО в якості підтримки після кардіохірургічного втручання у дітей з вродженими вадами серця.

Перший успішний досвід лікування пацієнта з гострим респіраторним дистрес-синдромом (ГРДС), J Donald Hill MD and Maury Bramson BME (Santa Barbara, Ca, 1971)



First successful ECMO patient, 1971



Перший в світі успішний досвід застосування ЕКМО у дитини з ГРДС, яка виникла в результаті аспірації меконію Bartlett R.H., Gazzaniga A.V., 1975 (USA)



First Neonatal ECMO survivor..



"The Hope"

ESPERANZA-1975

1982 Х.Терасакі, К Ямашіро, Кцуно і ін. (Японія) в експерименті підтримують життєдіяльність кози за допомогою мембранного оксигенатора протягом 23 днів.

Характеристики пристроїв продовжують удосконалюватися. У 2000-х рр Т. Крюммель встановлює рекорд підтримки часу життя новонародженого за допомогою мембранного оксигенатора протягом 62 діб.

2005. Т Чіціг, М Лауле, К Мелцер і Г Бауманн (Німеччина) у безперервний спосіб підтримують життя пацієнта протягом 100 днів.

2008. Ч Ванг, Ч Чоу, В До і Й Лі (Тайвань) підтримують життя пацієнта за допомогою двох мембранних оксигенаторів протягом 117 днів.

Значний сплеск інтересу до ЕКМО спостерігався в 2009 році під час пандемії вірусу грипу А/Н1N1, А/Н5N1, коли дана технологія зіграла важливу роль в терапії гострої дихальної недостатності внаслідок важкого ОРДС. В даний час ЕКМО впевнено впроваджується в клінічну практику як метод серцево-легеневої підтримки не тільки в кардіохірургічних, але і в багатопрофільних стаціонарах.

Наразі під час пандемії коронавірусу 2020 р. в лікарнях виникла широка потреба в апаратах ЕКМО.

Основні поняття методу

Екстракорпоральна мембранна оксигенація – процедура продовженого екстракорпорального кровообігу, що застосовується у пацієнтів з гостро розвинутою і потенційно оборотною респіраторною, серцевою або кардіореспіраторною недостатністю, яка не відповідає на стандартну терапію.



Подібно апарату штучного кровообігу, що використовується при операціях на відкритому серці, для ЕКМО застосовуються спеціальний насос, який бере на себе роботу серця з перекачування крові, і мембранний оксигенатор (штучну легеню), який виконує роботу легенів по газообміну. Коли людина підключена до ЕКМО, кров за допомогою насоса надходить до штучних легень – оксигенатора. Технічно, оксигенатор – це пристрій, який насичує кров киснем і видаляє вуглекислий газ. Для з'єднання контуру ЕКМО з організмом пацієнта одна, дві або більше канюль (спеціальні великі пластикові пристрої, що поміщаються в артерії або вени) вводяться в великі кровеносні судини пацієнта (наприклад, на шії, стегні або безпосередньо в камери серця в грудній клітці).

На підставі даних про хвороби і стан пацієнта команда ЕКМО визначить, який тип ЕКМО використовувати, кількість необхідних канюль і місце їх установки. Для установки канюль і початку ЕКМО в деяких випадках необхідна хірургічна операція, яка зазвичай проводиться серцево-судинним хірургом. Перед процедурою пацієнт отримує ліки від болю і седативні препарати.

Кров пацієнта з канюлі проходить через оксигенатор (штучну легеню - пристрій зі спеціальною мембраною, через яку відбувається газообмін), де кисень додається в кров, а вуглекислий газ (відпрацьований газ) видаляється. Потім насичену киснем кров зігрівають і повертають в тіло пацієнта.

За допомогою ЕКМО можна підтримувати необхідну організму доставку кисню, при цьому власні легені і/або серце пацієнта будуть знаходитися в режимі «відпочинку». Це дасть час і можливість легеням і/або серцю відновити свою нормальну роботу. Таким чином ЕКМО забезпечує «міст» до одужання.

Простими словами якщо ШВЛ нагнітає в легені чисте сухий кисень і забирає вуглекислий газ з них, то ЕКМО бере на себе всі функції легень по насиченню крові киснем і видалення вуглекислого газу з них. Кров забирається у пацієнта (через вени), потрапляє в апарат ЕКМО, відчищається від вуглекислого газу, насичується киснем і повертається пацієнту.

Ще однією важливою відмінністю ЕКМО від ШВЛ є хірургічна процедура, яка найчастіше проводиться в палаті пацієнта. Пацієнту дають заспокійливе і знеболюючі препарати, а щоб звести до мінімуму згортання крові, призначають антикоагулянти. Хірург і команда операційної вводять катетери ЕКМО або в артерію, або в вени. Потім робиться рентгенівський знімок – це необхідно для того, щоб переконатися, що трубки знаходяться в потрібному місці. Після підключення до апарату живлення буде забезпечуватися або внутрішньовенно, або через носоглоткову трубку.

ЕКМО забезпечує підтримку життєдіяльності серця і легенів протягом тривалого часу, що є вкрай необхідним, наприклад, для трансплантації серця і легенів, підтримки пацієнта при ускладненнях грипу H1N1, розвитку респіраторного дистрес-синдрому, зупинці серця, рефрактерній до реанімаційних заходів, а також при транспортуванні в спеціалізовані клініки в будь-якій точці світу. На цей момент, ЕКМО є єдиним методом для поліпшення прогнозу виживання у пацієнта з важкими серцевими і (або) легневими ускладненнями.

Терміни проведення ЕКМО різні: за спостереженнями вони склали від 3 до 23 діб. Відлучення від ЕКМО в клініці проводиться поступово і залежить від способу і цілей, які вирішувалися з її допомогою.

Показання для ЕКМО:

Найчастіше необхідність в такому лікуванні виникає у пацієнтів з важкими пневмоніями (запаленням легенів), гострим пошкодженням легенів (наприклад, внаслідок штучної вентиляції або при поєднаних ураженнях нирок і легень і ін.), При гострому респіраторному дистрес синдромі в разі неефективності максимальної застосовуваної традиційної терапії протягом 2-х діб показано проведення ЕКМО терапії.

При операціях на серці, трансплантаціях, кардіозахворюваннях.

Перехід відбувається при наступних показниках:

$PaO_2 \leq 50$ мм.рт.ст. більше 2 год при $FiO_2 = 100$;

$PEEP \geq 5$ см.вод.ст;

$PaO_2 \leq 50$ мм.рт.ст. більше 12 год при $FiO_2 = 60$;

$PEEP \geq 5$ см.вод.ст.;

неефективність максимально інтенсивного лікування протягом 48 год.

(FiO_2 - фракція кисню в суміші, яка вдихається, PaO_2 - парціальний тиск кисню в артеріальній крові, $PEEP$ - позитивний тиск в кінці видиху).

Респіраторні.

1. У дітей і дорослих недостатність функції легень при максимальній респіраторній підтримці $FiO_2=1,0$ $P_{insp}=35$ см H_2O ;

Кардіальні, як додаток до серцево - легеневої реанімації;

2. зупинка кровообігу за будь-якої причини з відповіддю;

3. кардіогенний шок;

4. гіпотензія САД < 90 mmHg (дорослі);

5. невідлучення від апарату штучного кровообігу.

Протипоказання для ЕКМО:

1. *Абсолютні:*

- протипоказана антикоагуляція (коагулопатія або тромбоцитопенія);

- термінальний стан;

- $PaO_2/FiO_2 < 100$ при > 5 дн;

- реконтрольований метаболічний ацидоз;

- важкі ушкодження ЦНС.

2. *Відносні:*

- ШВЛ більше 5-7 днів;

- важка легенева гіпертензія $CrDJA > 45$ mmHg або $> 75\%$ від системного

АТ;

- зупинка серця;

- імуносупресія;

- вік > 80 років;

- поліорганна недостатність > 2 систем.

Вимоги до проведення процедури/втручання:

- рішення про виконання імплантації ЕКМО має прийматися спільно командою фахівців, що включає кардіолога/кардіохірурга, кардіоанестезіолога і перфузіолога;

- імплантація ЕКМО здійснюється фахівцями, що пройшли відповідну спеціалізацію і мають сертифікат для роботи з пацієнтами даного профілю;

- проведення процедури ЕКМО здійснюється у відділеннях інтенсивної терапії, реанімації, операційних залах і як додатковий метод до СЛР в не медичних установах фахівцями ЕКМО.

Вимоги до оснащення витратними матеріалами для проведення процедури ЕКМО:

- апарат для екстракорпоральної мембранної оксигенації (ЕКМО);

- центрифужний насос і система магістралей;

- канюлі для канюляції центральних або периферичних судин;

- оксигенатор;

- газовий змішувач;
- датчики-детектори повітряних бульбашок, тиску, потоку;
- теплообмінник (ТРО);
- апарат для гемодіалізу та гемодіафільтрації;
- апарат для внутрішньоаортальної балонної контрапульсації;
- апарат ультразвукової діагностики експертного класу з доплером;
- комп'ютерний томограф;
- ангиограф;
- система для очищення і аутотрансфузії крові;
- апарат рентгенівський стаціонарний;
- мобільна рентгенографічна система;
- тромбоеластографія;
- апарат для вимірювання активованого часу згортання.

Типи ЕКМО

Існує два основних типи ЕКМО.

Вено-Артеріальна (ВА) ЕКМО застосовується для підтримки серця і/або легень, тоді як вено-венозна (ВВ) ЕКМО використовується тільки для підтримки легень. Фахівці ЕКМО на підставі хвороби і стан пацієнта вирішують який тип ЕКМО потрібний пацієнту.

Вено-Артеріальна (ВА) ЕКМО забезпечує підтримку серця пацієнта і легких, дозволяючи більшій частині крові пацієнта переміщатися по контуру ЕКМО в обхід серця пацієнта. При цьому типі ЕКМО кров забирається з венозного русла і повертається в артеріальне русло, дозволяючи насиченій киснем крові циркулювати по організму, коли власне серце пацієнта не здатне прокачувати кров через організм і забезпечувати його функціонування. Таким чином, апарат ЕКМО візьме на себе насосну функцію серця, дозволяючи йому відновлювати сили в режимі «відпочинку».

У разі ВА ЕКМО використовуються дві канюлі – артеріальна і венозна, які можуть бути встановлені в судини на стегні, шиї, або в грудній клітці.

Переваги методу:

Забезпечує серцево-легеневу підтримку

- Зменшує переднавантаження правого шлуночка
- Немає ризику рециркуляції крові
- Краща доставка кисню

Недоліки:

- Збільшує постнагрузку лівого шлуночка
- Знижує пульсовий тиск
- Коронарна оксигенація кров'ю з лівого шлуночка
- «Приголомшений міокард»
- Чи впливає на церебральну ауторегуляцію (погіршує міогенні реакції церебральних артерій і викликає порушення ендотеліальної функції).

Вено-венозна (ВВ) ЕКМО здійснює тільки підтримку легень, тому серце пацієнта має як і раніше працювати досить добре, щоб забезпечувати

потреби організму. Такий тип ЕКМО застосовується для пацієнтів з важкою дихальною недостатністю, коли необхідно тільки насичення крові киснем і видалення вуглекислого газу, а підтримку насосної функції серця не потрібно.

При ВВ ЕКМО насичення крові киснем відбувається в венозній частині системи кровообігу організму. Дві канюлі поміщаються в вени в місцях поруч з серцем або всередині нього. За допомогою двох катетерів, один з яких імплантовано в нижню порожнисту вену, відбувається забір крові, яка пропускається через оксигенатор (пристрій, де кров насичується киснем і віддається вуглекислий газ), а оксигенована (насичена киснем) кров повертається у верхню порожнисту вену через катетер, який встановлюється в праву яремну вену. Через оксигенатор пропускається чистий кисень, потік газу встановлюється відповідно до цільового значенням тиску вуглекислого газу в артеріальній крові. При ВВ ЕКМО лікар може використовувати спеціальний тип канюлі з двома прорізами (шляхи для крові всередині канюлі). Це дозволяє забирати і повертати кров в організм в одному місці. Кров з контуру ВВ ЕКМО повертається перед серцем пацієнта, а вже його власне серце буде перекачувати насичену киснем кров по всьому тілу. При ВВ ЕКМО легені знаходитимуться в режимі «спокою» або «щадному» режимі для забезпечення нормалізації/відновлення їх функції.

Є кілька схем підключення: стегново-стегнова, стегново-яремна, при яких застосовуються одноканальні канюлі, а також можуть використовуватися двоканальні канюлі з постановкою в стегнову або яремну вени.

Переваги підключення:

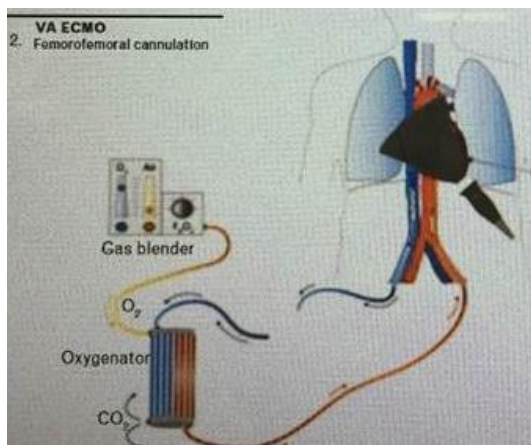
Можливість уникнути артеріальної канюляції

- Забезпечує пряму легеневу оксигенацію
- Покращує коронарну оксигенацію
- Зменшує ризик неврологічних порушень
- Підтримує серцевий викид
- Можна використовувати вазопресори

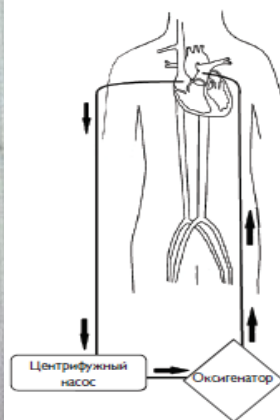
Недоліки

Може мати місце неадекватна доставка кисню

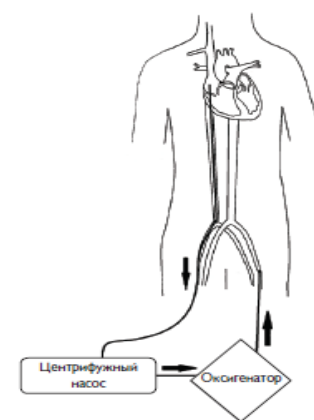
- Чи не забезпечує прямий підтримки серця
- Високий ризик рециркуляції



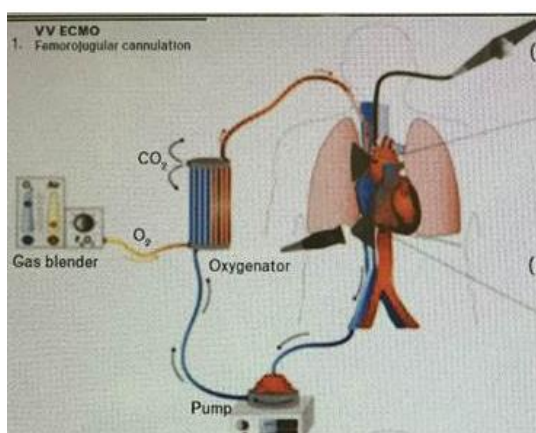
1)



А)



Б)



2)

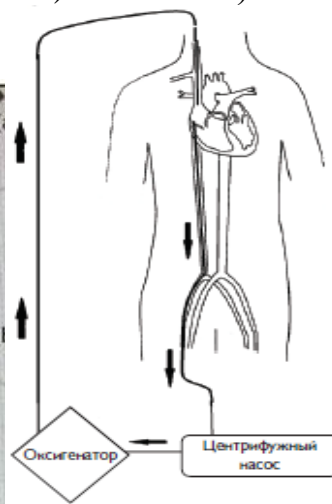
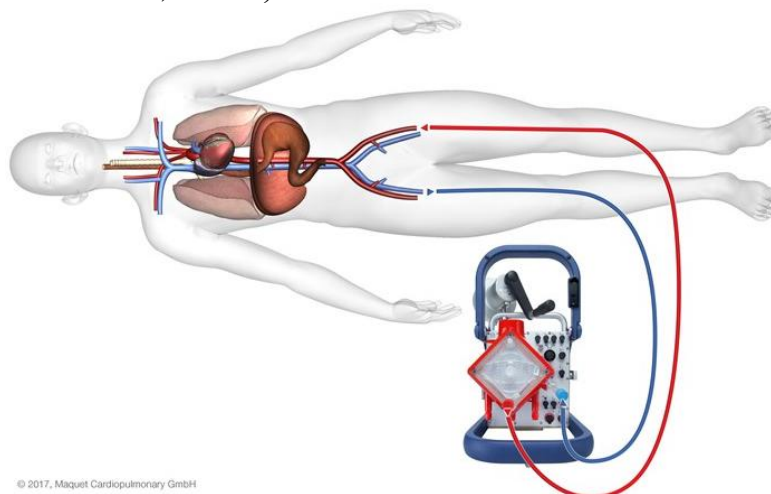


Рисунок – Схеми підключення різних типів ЕКМО

1) А) вено-артеріальна ЕКМО (центрально канюля), б) вено-артеріальна ЕКМО (кедрова конюля),

2) 2) вено-венозна ЕКМО з двома канюлями



© 2017, Maquet Cardiopulmonary GmbH

Об'ємні швидкості при ЕКМО

новонароджені: 120-150 cc / kg / min

діти: 100-120 cc / kg / min

дорослі: 70-80 cc / kg / min

потік крові через ЕКМО до 70-80% від МОК

Потік свіжого газу 1: 1 потік крові (безперервний on-line моніторинг газового складу крові CDI-500)

Особливості ЕКМО

ЕКМО – це спеціальний апарат, який вимагає значної кількості крові для заповнення, щоб він міг правильно працювати. Під час перебування на ЕКМО пацієнт, швидше за все, отримає багато донорських продуктів крові для доставки достатньої кількості кисню до органів і тканини, а також для загоєння післяопераційних ран, місць, де були розміщені канюлі ЕКМО, і так далі.

На жаль, незважаючи на високу ефективність, процедура ЕКМО дійсно несе в собі ризики, в тому числі:

Кровотеча через ліки для запобігання згортання крові;

Інфекція в місцях приєднання апарату;

Можуть виникнути проблеми з переливанням крові;

У трубці утворюються невеликі згустки або бульбашки повітря;

Підвищується ймовірність інсульту.

Найбільш поширений ризик при ЕКМО – кровотеча. Спеціальні ліки - гепарин – мають постійно додаватися в контур ЕКМО для запобігання утворенню тромбів (згустків крові). Під час ЕКМО кров забирається з організму, проходить через складну систему контуру ЕКМО, контактуючи з чужорідної для неї пластикової поверхнею, що активізує систему згортання крові і веде до утворення тромбів (згустків). Гепарин перешкоджає їх утворенню. Найчастіше кровотеча виникає навколо місць установки канюль ЕКМО або в місцях хірургічних операцій. Проте, кровотеча може відбуватися в будь-якому місці і органі, якщо пацієнт отримує гепарин.

Найбільш небезпечний вид кровотечі – крововилив в мозок, тому фахівці постійно і ретельно контролюють систему згортання крові для оцінки ознак кровотечі. При ЕКМО досить часто може знадобитися переливання компонентів крові для заповнення дефіциту факторів згортання і еритроцитів.

Ще одним частим ризиком під час ЕКМО є тромбоз. Він також пов'язаний з активацією системи згортання крові на чужорідної поверхні контуру ЕКМО. Великі тромби (згустки) можуть блокувати або різко погіршити роботу контуру ЕКМО, а дрібні згустки можуть потрапляти в кровотік пацієнта і викликати емболію (закупорку) судин, пошкоджуючи органи.

Фахівці ЕКМО постійно стежать за контуром ЕКМО, щоб вчасно виявити можливі ускладнення і вжити всіх можливих заходів для запобігання потрапляння тромбів в кровотік пацієнта.

Також під час екстракорпоральної оксигенації пацієнтам дають певні ліки, в тому числі: гепарин для запобігання утворенню тромбів; антибіотики для запобігання інфекцій; седативні засоби для мінімізації руху і поліпшення сну та ін. Щоб відключити пацієнта від апарату і видалити трубки, потрібна хірургічна процедура. Перед припиненням ЕКМО-терапії зазвичай

проводиться кілька тестів, щоб підтвердити, що серце і легені готові до самостійної роботи. Потім - на цей раз в операційній - лікар накладає невеликі шви для захисту місця приєднання трубки. Однак навіть якщо пацієнта відключили від ЕКМО, йому все одно може знадобитися ШВЛ.

Устаткування необхідне для ЕКМО

Канюлі для канюляції центральних або периферичних судин, і 2-х просвітний катетер, система магістралей

Насос. Види насосів: роликівий, центрифужний, перистальтичний

Оксигенатори

газовий змішувач

теплообмінник

Модуль управління (LCD)

Система безпеки

Датчики-детектори повітряних бульбашок

артеріальний фільтр

датчики тиску

Безперервний on-line моніторинг газового складу крові

Апаратура для ЕКМО

Апаратура для виконання ЕКМО (з відповідними оксигенаторами і центрифужними головками) представлена наступними виробниками: Stockert, Maquet і Medos.

Апарат фірми Stockert (рис. 1.1) по суті є апаратом штучного кровообігу і його основним завданням є проведення відносно короткотривалих перфузій під час хірургічного втручання. Однак, він має можливість заміни артеріального роликівого насоса на центрифужний, який при довготривалих перфузіях створює набагато менший гемоліз, тобто значно менше руйнує еритроцити.



Рисунок 1.1 – Апарат штучного кровообігу Stockert S3

Апарат компанії Medos (рис. 1.2) має більш вузьке призначення, а саме проведення процедури екстракорпоральної мембранної оксигенації, тому він оснащений відповідними центрифужним насосом і оксигенатором, призначеними для проведення ЕКМО.

Найбільш поширеними є апарати компанії Maquet. Дана компанія у своїй лінійці має 2 апарати для проведення ЕКМО: Maquet Rotaflow (рис. 1.2) та Maquet Cardiohelp-i.

Центрифужний насос ROTAFLOW являє собою систему, що складається з модуля, куди інтегровані блоки моніторингу, електромагнітного приводу і екстреного (ручного) приводу. Управління відбувається за допомогою поворотної ручки, що управляє швидкістю і потоком. Відображення відповідної інформації-цифри потоку або оборотів в хвилину, режими роботи, індикація роботи датчика потоку і захисту від повітряної емболії, управління цими реакціями відбувається за допомогою кнопок з панелі модуля. Відмінною особливістю є те, що датчик потоку і повітряної емболії інтегрований в електромагнітний привід. Моніторинг тиску і температури ведеться з зовнішніх приладів. Апарат має живлення як від мережі змінного струму, так і від власної вбудованої батареї протягом 90 хвилин.



Рисунок 1.2 – Апарат для проведення ЕКМО Maquet Rotaflow

Один силовий кабель приводу - три функції: унікальна конструкція приводу насоса ROTAFLOW включає також функції визначення швидкості потоку і детекції повітряних бульбашок, об'єднані в одному вдосконаленому модулі. Точне вимірювання величини кровотоку проводиться на виході насоса із застосуванням ультразвукового методу вимірювання часу проходження.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики консолі Rotaflow

Швидкість обертання, об./хв.	0-5000 об./хв.
Точність індикації потоку	0.1 об./хв.
Швидкість прокачки розчину	0-9.9 л/хв.

Габарити	180x380x240 мм
Вага	15 кг
Таблиця 1. 2 - Технічні характеристики центрифужного насосу Rotaflow	
Початковий об'єм заповнення	32 мл
Поверхня	190 см ²
Діаметр ротора	50 мм
Ефективність	0.30
Швидкість прокачки розчину	0-10 л/хв.
Конектори	3/8"

Апарат Cardiohelp-і (рис. 1.3) являє собою єдиний корпус, куди інтегрований електромагнітний центрифужний привід, блоки моніторингу температури, тиску, захисту від повітряної емболії, параметрів крові онлайн. Управління ведеться як за допомогою кнопок, так і з екрана тач-скрін.

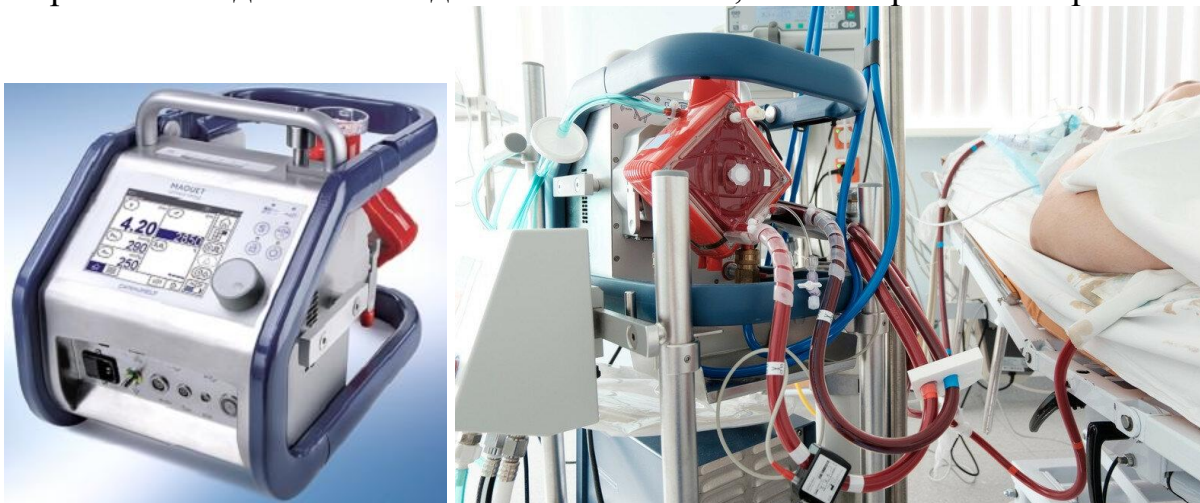


Рисунок 1.3 – Апарат для проведення ЕКМО Maquet Cardiohelp-I

Maquet Cardiohelp-і – найкомпактніший і найлегший у світі гібрид апарату штучного кровообігу і оксигенатора, який бере на себе функції серця і (або) легень для їх підтримки.

Всі сучасні апарати ЕКМО названих виробників є високоточними та мають необхідні системи для запобігання виникненню загрози здоров'ю та життю пацієнта:

- датчик потоку/бульбашок;
- екстрений ручний привід;
- можливість підключення до системи лікарняного сповіщення;
- інтегрований іоно - літєвий акумулятор, здатний забезпечити автономну роботу апарату протягом 90 хвилин.

Однак жоден із представлених на ринку апаратів ЕКМО не здатен запобігти виникненню гемолізу та гемодилуції, що негативно впливають на показання інтегрованих в апарати ЕКМО датчиків парціального тиску газів та сатурації. Показники цих датчиків є важливим фактором для забезпечення адекватності перфузії під час екстракорпоральної мембранної оксигенації.